

## ASSESSMENT AND ANALYSIS OF MEASUREMENT UNCERTAINTY

**Turakulova Maftuna Ganisher kizi**

Tashkent State Technical University,

Department of "Metrology, technical regulation, standardization and certification"

Master student

**Khakimov Ortigali Sharipovich**

Doctor of Technical Sciences,

Professor of the Tashkent State Institute of Architecture and Civil Engineering

**Annotation:** The article analyzes the use of modern methods in assessing the uncertainty of measurements, and this process was carried out on specific examples. The standard deviation of reproducibility in the laboratory was used to estimate the measurement uncertainty.

**Keywords:** uncertainty, precision, precision estimates, intra-laboratory, standard, coefficient, control

## ОЦЕНКА И АНАЛИЗ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ

**Тўракулова Мафтуна Ганишер қизи**

Ташкентский государственный технический университет, магистрант кафедры «Метрологии, технического регулирования, стандартизации и сертификации»

**Хакимов Ортиғали Шарипович**

д.т.н., профессор Ташкентского государственного архитектурно-строительного института

**Аннотация:** В статье проанализировано использование современных методов при оценке неопределенности измерений, и этот процесс был осуществлен на конкретных примерах. Стандартное отклонение воспроизводимости в лаборатории использовалось для оценки неопределенности измерений.

**Ключевые слова:** неопределенность, прецизионность, оценки прецизионности, внутрилаборатория, стандарт, коэффициент, контроль.

Оценки прецизионности (повторяемости, внутрилабораторной воспроизводимости) и смещения могут быть получены в результате специально организованных в одной лаборатории экспериментальных исследований или необходимая информация может быть получена из результатов контроля качества измерений (внутреннего контроля) в том числе с использованием контрольных карт, а также валидации метода.

Оценки прецизионности и смещения, полученные с использованием способа исследования в одной лаборатории, как правило, охватывают все эффекты, влияние которых на измерение может проявиться при нормальных условиях выполнения метода измерений. Поэтому, при условии обеспечения статистического контроля, оценки неопределенности могут применяться ко всем измерениям, полученным в рамках области применения методики измерений. Диапазон применения оценок неопределенности устанавливается диапазоном области методики, охваченном при внутрилабораторном исследовании и непрерывном контроле качества измерений. Поэтому такие исследования должны включать соответствующие изменения внутри области применения методики, например, различные уровни измеряемой величины и различные типы исследованных образцов.[1]

С использованием оценок прецизионности и смещения, полученных в одной лаборатории, неопределенность измерения оценивается как корень квадратный из суммы квадратов стандартного отклонения ( $s$ ), характеризующего прецизионность измерения и оценки ( $b$ ), рассчитанной для смещения измерения в соответствии уравнением:

$$u = \sqrt{s^2 + b^2} \quad (1)$$

Прецизионность методики измерения исследуется по результатам контроля метода или его валидации и количественно определяется как стандартное отклонение, полученное из повторных измерений на соответствующих контрольных образцов. В зависимости от условий проведения повторных измерений, получают два различных стандартных отклонения:

$s_r$  стандартное отклонение внутрилабораторной повторяемости, полученное в условиях повторяемости: один оператор, одно оборудование, повторения в течение короткого времени.

$S_{I(u)}$  стандартное отклонение внутрилабораторной воспроизводимости, полученное в условиях внутрилабораторной воспроизводимости (часто называемых «условия промежуточной прецизионности»): различные операторы и (или), различное оборудование и (или) разное время.

Для цели оценивания неопределенности измерения лучше использовать стандартное отклонение внутрилабораторной воспроизводимости  $s_r$ , так как оно по сравнению со стандартным отклонением повторяемости  $s_r$  включает больше составляющих неопределенности.[1,2]

Если имеются данные о внутрилабораторной воспроизводимости, полученные из различных серий измерений, то их можно объединить в общую оценку прецизионности  $S_{I(u)}$ , например, в виде функциональной зависимости внутрилабораторной воспроизводимости от уровня измеряемой величины.

Смещение исследуется лабораторией с использованием стандартных образцов или как альтернатива другой эталонной методики.

Типичными данными, полученными при исследовании и контроле смещения, будет  $\Delta$  – среднее отклонение повторных результатов измерения от соответствующего эталонного значения

Для расчета неопределенности должна быть известна оценка неопределенности  $u_{ref}$  эталонного значения.

Вклад смещения в неопределенность измерения получают из среднего отклонения ( $\Delta$ ), неопределенности эталонного значения ( $u_{ref}$ ), и прецизионности среднего значения повторных измерений выполненных при исследовании смещения ( $S$ ):

$$b = \sqrt{\Delta^2 + u_{ref}^2 + \frac{S^2}{n}} \quad (2)$$

Если имеются данные о смещении, полученные из различных серий измерений, то эти данные могут быть объединены в общую оценку для неопределенности смещения предпочтительно как функция от уровня измеряемой величины.

При отсутствии исследований внутрилабораторного смещения может применяться подход с использованием результатов компетентности лаборатории (PT).

Результаты межлабораторных исследований по СТБ ISO 5725-4:2020 и ISO/TC 21354:2020 «Руководство по применению оценок повторяемости, воспроизводимости и правильности при оценке неопределенности измерения» могут быть использованы для оценки неопределенности измерений. Межлабораторные исследования проводят при оценке точности методов выполнения измерений и их валидации.

В результате межлабораторных исследований получают оценки прецизионности и смещения, которые могут быть типичными при выполнении МВИ и поэтому могут использоваться любой лабораторией, применяемой данный метод измерений в случае, если

испытания проводятся в соответствии со стандартом (документированной процедурой);

условия измерений и контрольные образцы согласуются с теми, которые использовались при межлабораторном сличении;

при осуществлении лабораторией методики испытания, правильность и прецизионность сравнимы с данными межлабораторных сличений.[2,4]

Для стандартных методик испытаний, правильность и прецизионность обычно определяются через межлабораторные сличения (СТБ ISO 5725-4:2020). Характеристики прецизионности, получаемые при таких исследованиях, следующие:

$s_r$  стандартное отклонение повторяемости

$s_R$  стандартное отклонение межлабораторной воспроизводимости.

Для цели оценивания неопределенности измерения используют стандартное отклонение воспроизводимости  $s_R$ , как включающее большее по сравнению со стандартным отклонением повторяемости  $s_r$  количество составляющих неопределенности.

Часто данные о прецизионности определяются для различных уровней рассматриваемой величины, и имеется функциональная зависимость между этими данными, относящимися к различным уровням.

Когда имеются соответствующие эталонные образцы для контроля, анализ межлабораторного контроля (валидации) может также включать исследование смещения. Однако, вследствие того, что стандартное отклонение воспроизводимости уже включает в себя систематические эффекты от различных способов деятельности в участвующих лабораториях (лабораторное смещение), то результаты смещения можно не учитывать при расчете неопределенности. [2,3]

В этом случае, оценка неопределенности ( $u$ ) из анализа межлабораторного контроля (валидации) является стандартной неопределенностью воспроизводимости  $S_R$ :

$$u = S_R \quad (3)$$

Если условия испытаний или объекты испытаний отличаются от тех, которые применялись при анализе межлабораторного контроля (валидации), то влияния этих отклонений должны быть оценены и объединены со стандартным отклонением воспроизводимости. В этом случае расчет неопределенности осуществляют по следующей формуле:

$$u = \sqrt{s_R^2 + \sum u_{\text{другие}}^2} \quad (4)$$

Периодически лаборатория подвергается внешнему контролю технической компетентности (EQA) путем участия в сличительных испытаниях. Если лаборатория успешно участвовала в межлабораторной проверке квалификации по Руководству ИСО/МЭК 43 и ИСО 13528, она может использовать результаты контроля для оценивания неопределенности измерения по применяемой методике измерения.

Оценка неопределенности с применением этого подхода, также как и при способе исследований в одной лаборатории, комбинируется из оценок внутрилабораторной воспроизводимости и неопределенности смещения.

Аналогично подходу контроля в одной лаборатории, неопределенность измерения может быть оценена как корень квадратный из суммы квадратов стандартных отклонений, характеризующих прецизионность измерения ( $S$ ) и оценки, рассчитанной для смещения измерения ( $b$ ), в соответствии с уравнением:

$$u = \sqrt{s^2 + b^2} \quad (5)$$

Данные по прецизионности могут быть получены в результате исследований, проведенных в одной лаборатории (п.). Для цели начальной оценки неопределенности измерения с применением подхода РТ, может быть использовано стандартное отклонение внутрилабораторной воспроизводимости  $S_{I(u)}$ , полученное из контроля методики измерения в одной лаборатории. [1,3]

Вклад смещения в неопределенность измерения,  $b$ , состоит из отклонения  $\Delta$ , неопределенности приписанного значения  $u_{\text{ass}}$  и прецизионности измерения по образцу РТ ( $S$ ):

$$b = \sqrt{\Delta^2 + u_{\text{ass}}^2 + \frac{S^2}{n}} \quad (6)$$

Данные о смещении  $\Delta$  получают из контроля квалификации лаборатории. При межлабораторной проверке квалификации каждая участвующая в сличительных испытаниях лаборатория получает эталонные образцы и проводит измерения известной величины ( $X_{\text{ass}}$ ). Отклонение результата

лаборатории (или среднего нескольких результатов при повторных измерениях) от приписанного значения образца или пробы  $PT \Delta = (x - x_{ass})$  является оценкой смещения.

Для расчета неопределенности должна быть известна оценка неопределенности  $u_{ass}$  приписанного значения.

Так как результат лаборатории чаще всего является средним значением  $n$  повторных наблюдений, то стандартное отклонение повторных наблюдений является мерой прецизионности ( $S$ ) в формуле ( $X_{ass}$ ) или может также быть использовано стандартное отклонение внутрिलाбораторной воспроизводимости  $S_{I(u)}$ .

Если же доступны данные из нескольких циклов программы проверки квалификации, которые охватывают широкий диапазон образцов испытаний, то диапазон применения оценок неопределенности, полученных способом РТ, может быть значительно расширен.

Таким образом, в подходе РТ два основных вклада в неопределенность измерения получают из различных исследований: прецизионность определяется при внутреннем контроле (валидации) метода, в то время как смещение оценивается из результатов РТ.[3,4]

#### Список литературы:

1. С.Г. Хан, А.Е. Ташибаева. «Оценка неопределенности измерений кориолисовых расходомеров выщелачивающих растворов». Москва, 2015й.
2. Ефремова Н. Ю. «Оценка неопределённости в измерениях». Белгия, 2018й.
3. Л.А. Конопелько, Р.Л. Кадиса. «Количественное описание неопределенности в аналитических измерениях». Санкт-Петербург, 2017й.
4. Богдан С.Н. Козлова Н.А. Яшников Д.А., «Об оценке погрешностей расчетов, выполняемых при обосновании безопасности объектов использования атомной энергии» М. 2017й